{1,2}-因子の構成法について(グラフ理論とその応用)

岡本, 克也

数理解析研究所講究録
566巻 1985年 117-122

$\{1,2\}$-因子の構成法について.

東海大学(院生) 岡本克也 (Okamoto Katunari)

任意の連結グラフについての$\{1,2\}$-因子の構成法について考察する。

定義．$H=(W,F)$ が $G=(V,E)$ の因子であるとは．HはGの全域部分グラフでかつ．辺集合Fは空でないとき．すなわち．

$$W=V \quad , \quad F\subseteq E, F\neq\phi$$

であるときを言う。

$H=(W,F)$が$G=(V,E)$の$\{n,m\}$-因子$(n\leqq m)$ であるとは．HはGの因子でありかつ次をみたすときにいう:

$$n\leqq d_H(x)\leqq m \qquad \text{for all } x\in W$$

特に．$n=m$ であるとき．HはGのm-因子という。

ここで$F=\phi$であるとき．任意の$x\in W$に対し$d_H(x)=0$であることから．因定の定義からは逸脱するが．HはGの0-因子と呼ぶことにしよう。

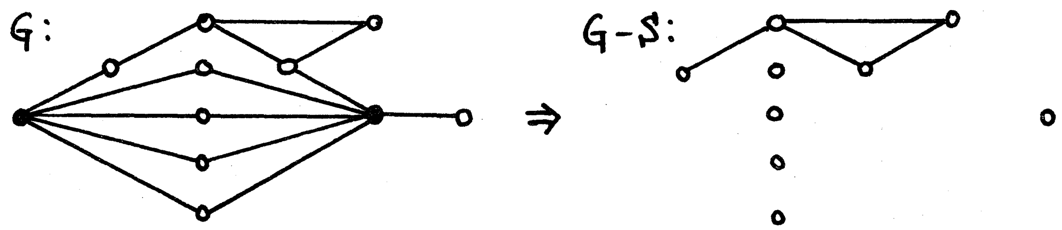
定理 (Akiyama, Avis and Era)

グラフ $G=(V,E)$ が $\{1,2\}$-因子をもつための必要十分条件は

$$I(G-S) \leqq 2|S| \qquad (\text{for } {}^{\forall}S \subset V)$$

となることである。($I(G-S)$ は $G-S$ 内の孤立点の個数を表す。)

この定理を使い、あるグラフが $\{1,2\}$-因子をもたないことを示すのは、非常に簡単である。例えば下図のグラフにおいて、黒点を上の定理の集合 S とすれば、$G-S$ における孤立点の個数は5個となり、$I(G-S) > 2|S|$ が示せてこのグラフに $\{1,2\}$-因子が存在しないことがわかる。



それでは、$\{1,2\}$-因子を持つ場合それをどのように構成すれば良いのであろうか。先の定理についての証明も一つの構成法である。それを単に構成法という意味で明確にしていこう。

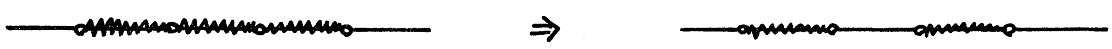
アルゴリズム

グラフ $G=(V,E)$ は連結グラフとし、F を G の 0-因子とする。

(1) Fにおける次数0の2点がGにおいて隣接している場合、その2点を結ぶ辺をFに加える。このような2点の組が存在しなくなるまで繰返し、もしFに孤立点がなくなれば、FはGの1-因子であり、ここで終る。そうでなければ(2)に進む。
このときFはP_1とP_2からなる。

(2) Fにおける次数0と1の2点がGにおいて隣接している場合、その2点を結ぶ辺をFに加える。このような2点の組が存在しなくなるまで繰返し、もしFに孤立点がなくなればFはGの{1,2}-因子であり、ここで終る。そうでなければ(3)に進む。
このときFはP_1, P_2, P_3, P_4からなる。

(3) FにP_4成分が存在するとき、その全てのP_4成分の中央の辺をFから除く。このとき(2)の状態が起れば、そこに立ち戻って繰返し、その後(4)に進む。
このときFは、P_1, P_2, P_3からなる。



：Fの辺.

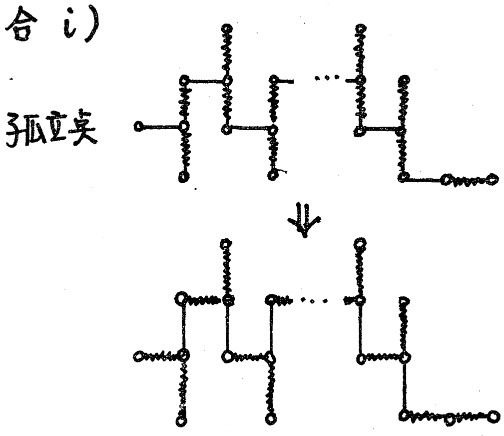
(4) Gにおいて、Fの2つの異なるP_3成分の端点どうしが、隣接しているとき、その2つのP_3を下図のように3つのP_2にする。

このようなP_3の組がなくなるまで繰返し、(2)の状態が発生すれば、そこまで戻って手順を進める。そうでなければ(5)に進む。

このときFはP_1, P_2, P_3 からなる。

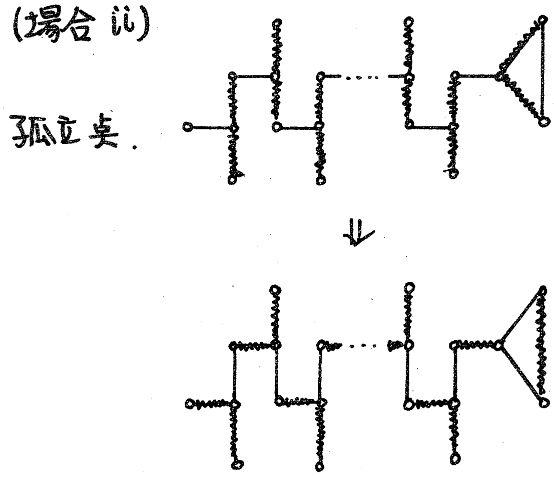
(5) このときFにおける孤立点(P_1成分)は、FのP_3成分の中央の点にのみ隣接する、またFのP_3成分の端点は、Gにおいても端点であるが、P_2の端点又は他のP_3の中央の点にのみ隣接する。よってFの孤立点のまわりを走査すると、次の3つの場合になる。

(場合 i)



左図のように、孤立点のまわりのP_3の端点を走査していくとき、P_2の端点にたどりつくとき、このような最短な経路およびP_2をえらび、左図下のようにFを変形する。

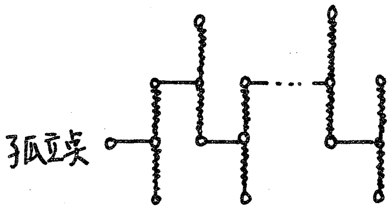
(場合ii)



場合iと同じ走査で、2つの端点が隣接しているP_3成分にたどりつくとき、このような最短の経路をえらび、左図のようにFを変形する。

(場合iii)

右図のように、孤立点のまわりの全てのP_3の端点は次々とP_3の中央の点に隣接しているが、もともとGにおいて端点となっているとき、このようなP_3の個数は有限個なので、これらのP_3の端点は、全てこれらのP_3の中央の点にのみ隣接する。



よって先の定理によって

$$S=\{v\in V \mid v\text{はこれらの}P_3\text{の中央の点}\}$$

とすると、

$$I(G-S) \geqq 2|S|+1$$

となり、Gには$\{1,2\}$-因子が存在しないことが判明する。

場合 i，ii のとき、孤立点は1個づつ解消されていくので G に $\{1,2\}$-因子が存在するとき、以上の構成法を繰返せば、ついには、求める $\{1,2\}$-因子を得ることができる。